

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АНАЛИЗА ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ С МАРКЕРНЫМ МЕТОДОМ ДОСТУПА

ГУСЕВ Кирилл Вячеславович

старший преподаватель

ЛЕОНТЬЕВ Александр Савельевич

кандидат технических наук

ПУЧКОВА Мария Алексеевна

аспирант

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

г. Москва, Россия

В статье рассматриваются вопросы оценки эффективности функционирования локальных вычислительных сетей (ЛВС). Описывается возможность решения проблемы аналитического моделирования процессов передачи информации в локальных вычислительных сетях с маркерным доступом.

Ключевые слова: локальная вычислительная сеть, маркерный доступ, аналитическое моделирование.

При рассмотрении вопросов оценки эффективности функционирования локальных вычислительных сетей (ЛВС) в первую очередь необходима разработка методов, моделей и алгоритмов, описывающих специфику передачи информации на первых трех уровнях эталонной модели [1].

Ниже рассматривается постановка задачи и аналитическая модель оценки временных характеристик и характеристик производительности локальной сети с маркерным методом доступа с учетом надежности передающей среды.

В качестве основных показателей используются вероятностно-временные характеристики, которые существенным образом зависят от отказов и сбоев ЛВС.

Постановка задачи формулируется следующим образом:

Заданы:

1. Топологическая структура ЛВС – кольцо или шина.
2. Метод доступа – маркерный.
3. Число узлов ЛВС – N .
4. Интенсивность поступления пакетов в узлы сети – λ_n , пак/сек ($n=1...N$).
5. Пропускная способность передающей среды – c , бит/сек.
6. Интенсивность отказов передающей среды – $\lambda_{от}$.
7. Интенсивность восстановления пере-

дающей среды – μ .

8. Среднее время передачи маркера от одного узла сети к другому $\tau=L_m/c$, сек. (L_m – длина маркера в битах).

9. Длина пакета, передаваемого в ЛВС – $L_{пак}$, бит.

10. Ограничение на время передачи пакетов в сети – $T_{дир}^{(1)}$, сек.

Определяются:

1. $T_{vn}^{(1)}$, ($n=1...N$), – среднее время доставки пакетов.
2. Q_n , ($n=1...N$), – вероятность своевременной доставки пакетов с учетом надежности передающей среды.
3. λ_{Σ} – производительность ЛВС.

В качестве оценки производительности ЛВС выбирается суммарная интенсивность своевременно обслуженного потока.

Задача решается в предположении о пуассоновском характере потоков λ_n ($n=1...N$), поступающих на обслуживание в сеть и пуассоновском характере отказов $\lambda_{от}$ передающей среды. Предполагается, что ввод информации в узел осуществляется через накопитель с бесконечно большим объемом памяти. Как показано в работе [1], данные предположения являются обоснованными на этапе общесистемной проработки режимов функционирования ЛВС, и точность результатов, полученных при их использовании, является достаточной для инженерных расчетов.

Для решения поставленной задачи необходимо:

1. Определить загрузку узлов ρ_n , $n=1...N$ и средний интервал (цикл) между двумя последовательными процессами получения маркера одним и тем же узлом в условиях надежного функционирования $V^{(1)}$.

2. Получить функциональное уравнение для расчета цикла ЛВС с учетом отказов передающей среды. На основе полученных уравнений определить цикл опроса $V_{om}^{(1)}$ и загрузку узлов сети с учетом возникающих конфликтов ρ_n .

3. Вывести соотношения для определения преобразования Лапласа-Стильтьеса функций распределения времени обслуживания пакетов $G_n^*(s)$, поступающих в n -ый узел ($n=1...N$) ЛВС с учетом времени, необходимого для получения маркера n -ым узлом сети.

4. Определить преобразование Лапласа-Стильтьеса $W_n^*(s)$ для функций распределения времени ожидания пакетов в очереди на обслуживание в n -ом узле сети $W_n(t)$, ($n=1...N$).

5. Используя полученные соотношения и функциональные уравнения, определить вероятность своевременной доставки пакетов в ЛВС Q_n , ($n=1...N$), среднее время доставки пакетов $T_{vn}^{(1)}$, ($n=1...N$) и производительности сети λ_{Σ} .

Занумеруем узлы сети в порядке опроса и будем использовать индекс n для обозначения станции (узла) ЛВС. Среднее время передачи пакета от одного узла к соседнему узлу определяется соотношением: $MT_{nak} = L_{nak}/c$, L_{nak} включает и длину маркера.

Очевидно, что средний интервал между двумя последовательными опросами узла равен:

$$V_{nak}^{(1)} = \sum_{n=1}^N \{ \rho_n MT_{nak} + (1 - \rho_n) \tau \}. \quad (1)$$

В стационарном режиме: $\lambda_n V^{(1)} = \rho_n$, (2)

Из (1) и (2) получаем:

$$\lambda_n \sum_{n=1}^N \{ \rho_n MT_{nak} + (1 - \rho_n) \tau \} = \rho_n, \quad n = 1...N \quad (3)$$

Система уравнений (3) является неоднородной системой линейных алгебраических уравнений относительно ρ_n . Решение этой системы дается соотношениями:

$$\rho_n = \lambda_n N \tau / \left[1 - \sum_{k=1}^N \lambda_k (MT_{nak} - \tau) \right], \quad n = 1...N \quad (4)$$

Сравняя (2) и (4) получаем:

$$V^{(1)} = N \tau / \left[1 - \sum_{k=1}^N \lambda_k (L_{nak} / c - \tau) \right]. \quad (5)$$

Формулы (4) и (5) определяют загрузку узлов сети и средний цикл опроса узлов в условиях надежного функционирования.

Функциональные уравнения для определения цикла ЛВС с маркерным методом доступа с учетом возникающих отказов имеют вид:

$$\begin{cases} V_{om}^*(s) = V^*(\lambda_{om} + s - \lambda_{om} \Gamma_{om}^*(s)) \\ \Gamma_{om}^*(s) = F_{om}^*(\lambda_{om} + s - \lambda_{om} \Gamma_{om}^*(s)), \end{cases} \quad (6)$$

$$V_{om}^*(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} dV_{om}(t),$$

$$\Gamma_{om}^*(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} d\Gamma_{om}(t),$$

$$V^*(\lambda_{om} + s - \lambda_{om} \Gamma_{om}^*(s)) = \int_0^{\infty} e^{-(\lambda_{om} + s - \lambda_{om} \Gamma_{om}^*(s))t} dV(t),$$

$$F_{om}^*(\lambda_{om} + s - \lambda_{om} \Gamma_{om}^*(s)) = \int_0^{\infty} e^{-(\lambda_{om} + s - \lambda_{om} \Gamma_{om}^*(s))t} dF(t),$$

где $V_{om}(t)$ – функция распределения (ФР) цикла ЛВС с учетом отказов, $V(t)$ – ФР цикла ЛВС в условиях надежного функционирования, $F_{om}(t)$ – ФР времени восстановления передающей среды после отказов, $\Gamma_{om}(t)$ – ФР периода занятости передающей среды после отказов.

Функциональные уравнения (6) можно получить, используя метод катастроф [2], в соответствии с методикой, изложенной в

$$B_{om}^*(s) = B^*(s + \lambda_{om}) + \frac{\lambda_{om}}{s + \lambda_{om}} (1 - B^*(s + \lambda_{om})) F_{om}^*(s) B_{om}^*(s), \quad (10)$$

где $B^*(s + \lambda_{om}) = \int_0^\infty e^{-(s + \lambda_{om})t} dB(t)$, $B(t)$ – ФР

времени передачи пакетов по передающей среде в условиях надежного функционирования.

При выводе функционального уравнения (10) предполагается, что после восстановления системы при возникновении отказа передача пакета повторяется заново.

Дадим вывод функционального уравнения (10) в соответствии с методикой, описанной в работе [3]. $B_{om}^*(s)$ – есть вероятность того, что во время передачи пакета катастрофы не наступят. Это может произойти в том случае, если во время передачи пакета не наступают ни катастрофы, ни отказы (вероятность равна $B^*(s + \lambda_{om})$), либо наступит одно из этих событий (вероятность равна $1 - B^*(s + \lambda_{om})$), причем это событие будет отказом (вероятность $\lambda_{ot}/(s + \lambda_{ot})$), во время функционирования системы катастрофы не наступят (вероятность $F_{om}^*(s)$). Отсюда следует, что функциональное уравнение (10) справедливо.

Моменты $G_n^{(1)}$, $G_n^{(2)}$ ФР времени обслуживания пакета, поступившего в свободный n -ый узел, определяются выражением:

$$G_n^{(1)} = B_{om}^{(1)} + W_{n|\zeta_n=1}^{(1)}, \quad (11)$$

$$G_n^{(2)} = B_{om}^{(2)} + 2W_{n|\zeta_n=1}^{(1)} B_{om}^{(1)} + W_{n|\zeta_n=1}^{(2)}$$

где $B_{om}^{(1)}, B_{om}^{(2)}$ моменты ФР $B_{om}(t)$, $W_{n|\zeta_n=1}^{(1)}$ и $W_{n|\zeta_n=1}^{(2)}$ 1-ый и 2-ой моменты ФР времени ожидания прихода маркера в n -ый свободный узел. Расчетные соотношения для определения этих моментов представлены в работе [1].

работе [3]. Дифференцируя (6) по s получим:

$$\Gamma_{om}^{(1)} = F_{om}^{(1)} / (1 - \lambda_{om} F_{om}^{(1)}) \quad (8)$$

$$V_{om}^{(1)} = V^{(1)} / (1 - \lambda_{om} F_{om}^{(1)}). \quad (9)$$

Пусть $B_{om}^*(s)$ – преобразование Лапласа-Стилтьеса ФР времени передачи пакета с учетом возникающих отказов. $B_{om}^*(s)$ определяется с помощью следующего функционального уравнения:

Учитывая то обстоятельство, что потоки пакетов, поступающие в узлы сети, считаются пуассоновскими для определения преобразования Лапласа-Стилтьеса $W_n^*(s)$ ФР времени ожидания пакетов в очереди на обслуживание в n -ом узле ($n=1...N$) можно воспользоваться уравнением Полячека-Хинчина

$$W_n^*(s) = \frac{s(1 - \lambda_{om} G_n^{(1)})}{s - \lambda_n + \lambda_n G_n^*(s)}, \quad (12)$$

Среднее время ожидания пакетов в очереди на обслуживание в n -ом узле сети $W_n^{(1)}$ дается формулой Полячека-Хинчина:

$$W_n^{(1)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\lambda_n G_n^{(2)}}{1 - \lambda_n G_n^{(1)}}, \quad (13)$$

где $G_n^{(1)}, G_n^{(2)}$ определяются формулами (11).

Среднее время доставки пакетов $T_{vn}^{(1)}$, ($n=1...N$) в сети определяется выражением:

$$T_{vn}^{(1)} = W_n^{(1)} + G_n^{(1)} \quad (14)$$

Суммарная интенсивность своевременно обслуженного потока (производительность ЛВС) рассчитывается по формуле

$$\lambda_\Sigma = \sum_{i=1}^N \lambda_i Q_i, \quad (15)$$

где Q_i вероятность своевременной доставки пакетов, поступающих в i -ый узел ЛВС, λ_i – интенсивность поступления пакетов в i -ый узел сети, N – количество узлов ЛВС.

Аналитические соотношения, необходимые для оценки вероятности Q_i своевременной доставки пакетов, поступающих в i -ый узел ЛВС, представлены в работе [1].

Для практического использования рассмотренной аналитической модели оценки

эффективности локальных вычислительных сетей с маркерным методом доступа на языке C++ в системе визуального программирования **Boland C++ Builder** разработан комплекс программ «Система аналитического моделирования процессов передачи информации в локальных вычислительных сетях».

Разработанный комплекс программ может функционировать под управлением операционных систем **Windows 7, 10** как на отдельных ПЭВМ, так и в локальной вычислительной се-

ти. В последнем случае комплекс программ устанавливается на сервере сети и может быть доступен для запуска с рабочих мест ЛВС.

Аналитический аппарат реализованный в виде комплекса программ, позволяет в автоматизированном режиме исследовать структуру и характеристики ЛВС (маркерный метод доступа) с учетом характеристик надежности передающей среды. Первая экранная форма системы моделирования представлена на рисунок 1.

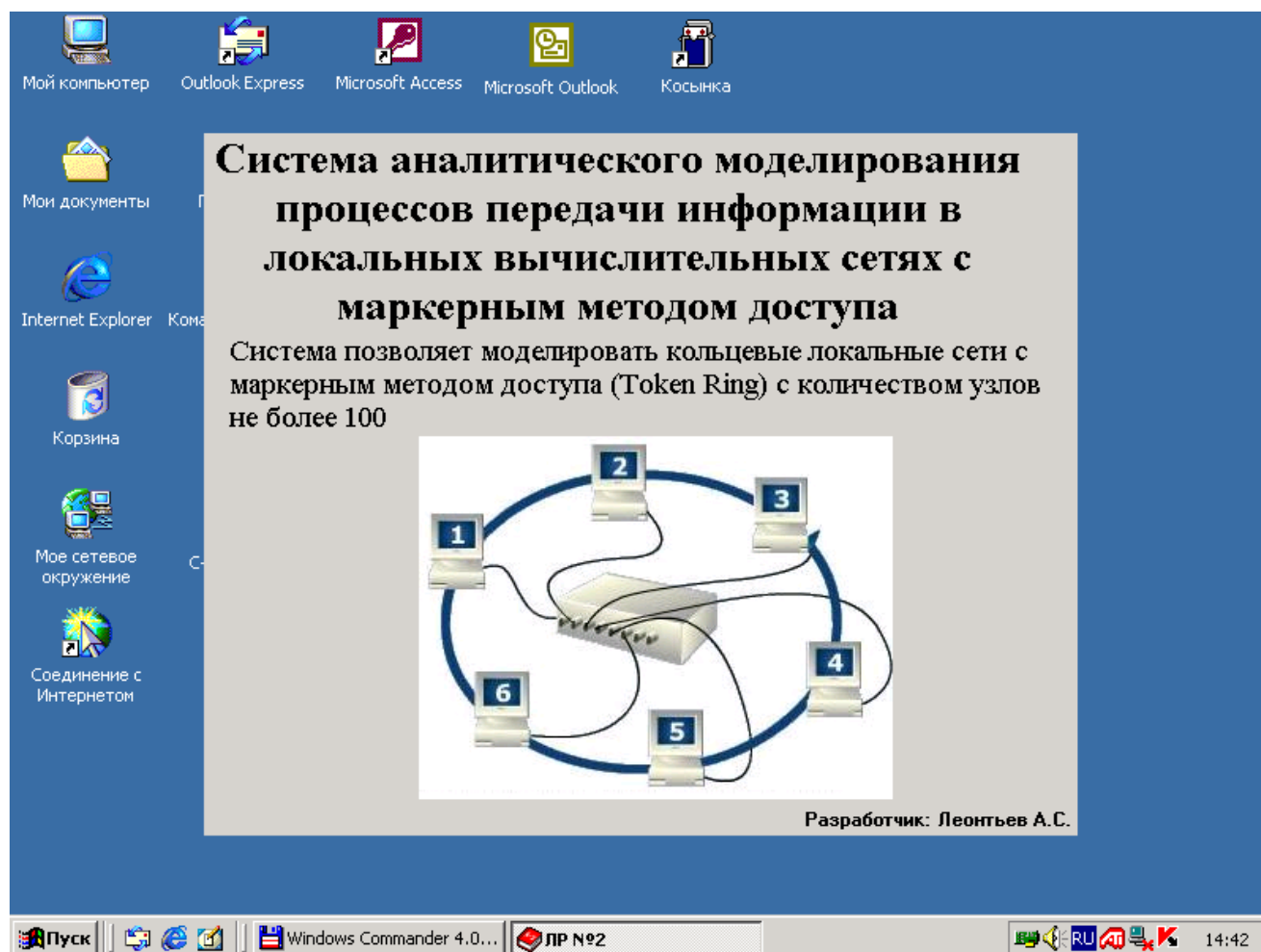


Рисунок 1. Первая экранная форма (моделирование Token ring)

Исходные данные вводятся с экрана дисплея в режиме диалога в соответствии с заданными формами.

Результаты расчета выводятся на экран в текстовое и графическое окно. Реализация механизма прокрутки полученных результатов в соответствующих окнах позволяет просмотреть как числовые значения, так и графические зависимости загрузки узлов и пе-

редающей среды, вероятностно-временных характеристик, производительности от информационной нагрузки на рабочие места и серверы ЛВС. Пользователь, не выходя из системы моделирования, имеет возможность осуществить корректировку исходных данных, сохранить соответствующие им результаты расчетов в текстовых и графических файлах.

Применение программных средств позволяет найти оптимальные соотношения количества узлов в сети, ее производительности и временных характеристик при различных про-

пускных способностях передающей среды, а также позволяет осуществить многовариантный анализ различных режимов функционирования ЛВС с маркерным методом доступа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Леонтьев А.С.* Разработка аналитических методов, моделей и методик анализа локальных вычислительных сетей // Теоретические вопросы программного обеспечения: Межвузовский сборник научных трудов. – М.: МИРЭА, 2001. – С. 70-94.
2. *Климов Г.П.* Стохастические системы обслуживания. – М.: Наука, 1966. – 244 с.
3. *Леонтьев А.С.* Аналитические и аналитико-имитационные методы оценки влияния отказов на временные характеристики вычислительных систем коллективного пользования // Алгоритмы и структуры специализированных вычислительных систем. – Тула: ТПИ, 1985. – С. 57-68.